



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517 - 2627

Dezembro, 2005

## ***Documentos 76***

### **Extração de Variáveis Topográficas do Modelo Digital de Elevação SRTM para o Estado do Rio de Janeiro**

Thomaz Corrêa e Castro da Costa  
Paulo Roberto Alves dos Santos  
Saulo Pedrinha Guimarães

Rio de Janeiro, RJ  
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179.4500

Fax: (21) 2274.5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Supervisor editorial:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Normalização bibliográfica:** *Marcelo Machado de Moraes*

**Revisão de texto:** *André Luiz da Silva Lopes*

**Editoração eletrônica:** *Pedro Coelho Mendes Jardim*

**1ª edição**

1ª impressão (2005): online

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Costa, Thomaz Corrêa e Castro da

Extração de variáveis topográficas do modelo digital de elevação SRTM para o Estado do Rio de Janeiro / por Thomaz Corrêa e Castro da Costa, Paulo Roberto Alves dos Santos e Saulo Pedrinha Guimarães. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

26 p.: il. – (Documentos, 76)

ISSN: 1517 – 2627

1. Topografia. 2. SRTM. I. Santos, Paulo Roberto Alves. II. Guimarães, Saulo Pedrinha. III. Título. IV. Série.

CDD 910 (CDD 21. ed.).

---

© Embrapa 2005

## **Autores**

### **Thomaz Corrêa e Castro da Costa**

Pesquisador Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico,  
1024, Jardim Botânico. CEP 22460-000 Rio de  
Janeiro - RJ. E-mail: thomaz@cnps.embrapa.br

### **Paulo Roberto Alves dos Santos**

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Av.  
República do Chile, 500, 15º andar, CEP 20031-170,  
Centro, Rio de Janeiro, RJ  
Email: pauloroberto@ibge.gov.br

### **Saulo Pedrinha Guimarães**

Bolsista Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),  
Depto. de Geologia. Email: saulopg@superig.com.br

# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>Metodologia .....</b>	<b>10</b>
Interpolação de Falhas do DEM SRTM .....	10
Atenuação de ruído pela transformação de Fourier .....	10
Ajuste de depressões .....	11
Extração de Variáveis Topográficas .....	12
<b>Resultados .....</b>	<b>14</b>
Interpolação de Falhas do DEM SRTM .....	14
Atenuação de ruídos pela transformação de Fourier .....	16
Ajuste de Depressões .....	17
Extração de Variáveis Topográficas .....	18
<b>Considerações Finais .....</b>	<b>24</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>24</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>25</b>

## Introdução

A missão espacial “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM), iniciada no ano de 2000, e liderada pela NASA, com parcerias da Alemanha (Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt) e Itália (Agenzia Spaziale Italiana), teve como objetivo gerar um modelo digital de elevação global (DEM), utilizando técnicas de interferometria, com um Radar de Abertura Sintética (SAR), bandas C e X. Com este sistema foram imageadas mais de 80% da superfície terrestre entre os paralelos 60°N e 56°S, fornecendo DEMs com resolução 1”, aproximadamente 30 x 30 metros (SRTM 1) e com 3” de arco, 90 metros de resolução espacial (SRTM 3) (Barros et al. 2005; CCRS, 2004; Chien, 2000).

Por ser um sensor ativo, o radar não necessita de luz solar para o imageamento e, principalmente por atuar na região de microondas do espectro eletromagnético, não sofre a influência do ambiente, podendo gerar dados de regiões de difícil acesso ou em condições atmosféricas desfavoráveis. A interferometria SAR possibilita a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (DEMs) com boa acurácia, para a cartografia, geomorfologia, geologia dentre outras. Gouvêa et al. (2005), Santos et al. (2005) e Nóbrega et al. (2005) verificaram boa acurácia do DEM SRTM quando comparado ao modelo topográfico das cartas do IBGE nas escalas 1:250.000, 1:100.000 e também para um modelo topográfico derivado de restituição fotogramétrica na escala 1:8.000, respectivamente. Na escala 1:250.000, o SRTM é integralmente mais preciso, permitindo maior detalhe das feições topográficas, e na escala 1:100.000 o SRTM se mostrou razoavelmente preciso, principalmente em áreas planas.

É possível também estimar o modelo 30 x 30 m por meio de kriging (Valeriano, 2005), permitindo o aumento da escala de trabalho com o SRTM. Uma limitação seria o processamento para grandes áreas.

Assim, os dados do SRTM são de grande funcionalidade, e os DEMs de toda a América do Sul estão disponibilizados gratuitamente na resolução de 90 x 90m pelo USGS Eros Data Center (United States Geological Survey), no formato Height files (hgt), assim como o aplicativo Global Mapper (Global Mapper, 2005) para visualização e processamento dos dados da SRTM.

O modelo digital de elevação da SRTM contém imperfeições caracterizadas por depressões espúrias, picos anômalos, pontos ou áreas com ausência de dados (falhas) e ruídos. O preenchimento da altimetria nestas falhas pode ser feito por

métodos de interpolação, por meio de algoritmo disponível na página da SRTM, ou por meio de outra fonte de dados altimétricos, como o GTOPO30, um modelo digital de elevação global com resolução de 30-arc segundos (aproximadamente 1 km), organizado por uma rede de colaboradores coordenados pelo U.S. Geological Survey's **EROS Data Center**.

Na cartografia brasileira, uma alternativa para preenchimento de falhas é o uso de curvas de nível das cartas topográficas do mapeamento sistemático, disponíveis nas escalas 1:25.000, 50.000 e 100.000 (Mapa Índice do DSG).

Santos et al. (2005) avaliou inconsistências no quadrante S03W60 da SRTM, que recobre uma área no Estado do Amazonas, verificando uma variação de altitude negativa de até -29 metros e áreas sem informação de altitude. Para correção destas inconsistências, utilizou o aplicativo SRTMFill para interpolar as áreas com falhas.

A Embrapa Monitoramento por Satélite, na preparação dos dados SRTM para o território brasileiro, adotou a metodologia de interpolação por meio do módulo Topogrid/ARCINFO, para preenchimento dos pontos ou áreas sem informação, utilizando como fonte de informação adicional os DEMs disponibilizados pela FAO/UNEP, no âmbito da rede de cooperação Global Land Cover Network (GLCN).

A interpolação realizada no Topogrid considera vários aspectos das superfícies naturais, principalmente o aspecto hidrológico, o qual pode ser maximizado com a imposição da hidrografia mapeada, produzindo modelos digitais com consistência hidrológica (Embrapa, 2005).

Outra alternativa para preenchimento de falhas é a aplicação de técnicas de interpolação por "Kriging", utilizando a teoria de geoestatística. Valeriano utilizou Kriging não para correção de falhas, mas para gerar dados SRTM para resolução de 1" (30x30m de célula). Além da resolução melhorada, de 1" (~30m); foi possível, secundariamente, remover algumas falhas.

Para tratar falhas no modelo de 90 x 90 m, é possível aplicar geoestatística utilizando os dados do entorno, embora esta técnica seja recomendada para áreas que tenham uma boa distribuição da informação. Mesmo assim, lançamos a hipótese de que a informação no entorno da falha é satisfatória para prever a tendência dos dados altimétricos por meio de geoestatística, geralmente sob hipótese

intrínseca, e esta foi uma das estratégias adotadas para preenchimento de falhas relativamente grandes no modelo SRTM para o Estado do Rio de Janeiro.

Assim, o objetivo deste trabalho foi obter um DEM SRTM corrigido para a extração de variáveis topográficas úteis em estudos ambientais. O modelo foi corrigido para o preenchimento de falhas, atenuação de ruídos e ajuste de depressões, tendo como finalidade eliminar interrupções provocadas pela ausência de dados, suavizar as feições topográficas e corrigir possíveis depressões que podem provocar interrupções no fluxo hidrológico.

Com o modelo corrigido, foram extraídas variáveis topográficas necessárias em estudos de erosão, aptidão agrícola das terras, delimitação e caracterização ambiental de microbacias hidrográficas. Outra funcionalidade do modelo é servir como variável auxiliar para gerar outras variáveis, como dados de temperatura (Valladares et al. 2004) e precipitação.

## Metodologia

Foi adquirido, no endereço eletrônico do USGS Eros Data Center (United States Geological Survey), o modelo digital de elevação da SRTM, no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS84, resolução 90 x 90 m, no formato Height Files (hgt), convertido no Global Mapper para o formato GRID, e importado para o formato rst do IDRISI KILIMANJARO (Eastman, 2003a).

Este modelo, após mosaicagem, conversão de formatos e reprojeção, foi submetido às correções para extração de variáveis topográficas, conforme segue.

### Interpolação de Falhas do DEM SRTM

Com o DEM SRTM, no sistema de Coordenadas Geográficas, reprojetado para o Datum SAD69, as pequenas falhas foram interpoladas pela média de pixels vizinhos. As regiões com grandes falhas não possíveis de serem corrigidas pelo SRTMFill foram extraídas e interpoladas separadamente, usando o método de kriging ordinário, a partir do ajuste manual de semivariogramas, após a avaliação da correlação espacial dos dados. Este procedimento de extração de partes do modelo para ser interpolado, retornando ao modelo original, realizado com o auxílio de macros, foi necessário pela variação singular de cada região e para melhorar a velocidade de processamento dos dados.

A primeira etapa para interpolação por kriging correspondeu ao padrão de correlação espacial, onde foi verificada a anisotropia em duas direções bem definidas. Dois semivariogramas foram identificados nas direções de maior e menor variabilidade respectivamente, proporcionando o ajuste manual da função semivariância. Após este ajuste, o modelo foi utilizado para interpolação por kriging ordinário. Todas estas etapas foram realizadas através do software GSTAT (Pebesma, 1998) incorporado pelo software IDRISI Kilimanjaro (Eastman, 2003a) por meio do módulo Surface Analysis/Geostatistics.

### Atenuação de ruído pela transformação de Fourier

A transformação de Fourier decompõe uma imagem raster, no caso, o DEM/SRTM, em séries complexas de componentes de ondas sinusoidais, resultando em uma imagem de domínio de frequência. Esta imagem é decomposta em uma parte real, e outra imaginária, interpretadas visualmente em uma imagem *spectrum*, que representa a soma de quadrados das partes imaginária e real (Eastman, 2003b).



A transformação inversa reconstitui a imagem original a partir destas séries, resultando em uma imagem de domínio espacial (Eastman, 2003b). A finalidade desta transformação é reconstituir não a imagem original, mas uma imagem corrigida ou melhorada, com um procedimento de filtragem no domínio das frequências. As expressões para a transformada de Fourier e sua inversa que resumem a análise de Fourier são (Jensen, 1996):

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi iux} dx$$

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{2\pi iux} du$$

Sendo  $F(u)$  o domínio de frequência, pela transformada de Fourier para  $f(x)$ , função que representa o somatório de séries complexas que representam a frequência espacial da imagem;

$i$  é o número complexo,  $\sqrt{-1}$  ;

E  $f(x)$  o domínio espacial obtido pela inversa da transformada de Fourier.

Para mais detalhes da análise de Fourier, consultar Figueiredo (1977) e Eastman (2003b). Foi utilizado o filtro ideal passa baixa de domínio de frequências para rejeição das frequências acima do limiar estabelecido como ruído, resultando também em uma suavização de bordas, sendo que este limiar de domínio de frequências foi estabelecido por meio de testes visuais em feições do terreno pré estabelecidas (morro de São João e Região do parque dos Três Picos).

## Ajuste de depressões

Como última etapa para correção do modelo foi realizado o ajuste de depressões, que impedem a continuidade do fluxo hídrico. Neste processamento, pixels com cotas mais baixas, que têm variação de cota maior que o limiar estabelecido em relação a sua vizinhança são identificados e uniformizados para a cota mais baixa da vizinhança, permitindo a continuidade do fluxo. Desta forma são eliminados os abaciamentos, pixels isolados com cotas mais baixas em relação à sua vizinhança.

## Extração de Variáveis Topográficas

Com o DEM/SRTM corrigido, a extração de variáveis topográficas foi possível pelo processamento de módulos do Software Idrisi Kilimanjaro (Eastman, 2003a). Estes procedimentos, embora apropriados para um modelo de maior resolução espacial, foram aplicados para a escala de trabalho adotada, 1:100.000, gerando-se resultados que indicam generalizações ou grandes diferenças com relação às feições topográficas, que atendem ao produto proposto. As variáveis extraídas foram:

- **Declividade:** em unidade de graus e percentagem, calculada pelo vetor resultante da declividade em X e Y, utilizando altitudes dos pixels vizinhos.
- **Aspecto:** Indica para onde está voltada a máxima fície de declividade, medida em azimutes de graus decimais (0 a 360 graus), que indicam a direção da fície. Para superfícies planas a célula recebe o id -1.

Estas variáveis, além da interpretação por si, são utilizadas para o cálculo do parâmetro LS da Equação Universal de Perda do Solo, sendo também a declividade indicadora de áreas aptas para agricultura, no Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho & Beek, 1994), e um componente no coeficiente de rugosidade (RN), para bacias hidrográficas (Rocha, 1991).

Fatiamentos da altitude e declividade permitem também delimitar categorias de áreas de preservação permanente: campos rupestres (>1800 metros) e declividades > 45 graus.

- **Fluxo hídrico:** determina para cada pixel a direção do fluxo, em graus, conforme esquema abaixo, com relação aos valores de altitude dos pixels vizinhos.

315	360	45
270	x	90
225	180	135

- **Escoamento superficial (RUNOFF):** Indica a contribuição acumulada de água que escorre por pixel na direção e sentido do fluxo hídrico. Para este processamento considerou-se a precipitação uniforme, por exemplo 1 mm de chuva em cada pixel. O pós processamento do RUNOFF pode ser obtido considerando a espacialização da precipitação e a permeabilidade de água no

solo. Na Figura 1 é apresentado um exemplo, considerando o fluxo e a acumulação inicial para a primeira operação 3 x 3 na estrutura raster.

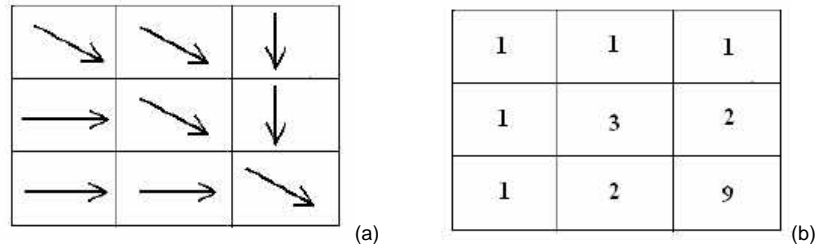


Fig.1. Direção e sentido do fluxo hídrico (a) e Escoamento superficial acumulado por célula (b)

Estas variáveis constituem etapas intermediárias do processamento para delimitação automática de microbacias, e em outros levantamentos hidrológicos.

Os resultados de aspecto e direção e sentido de fluxo hídrico são similares, mas a forma de cálculo do aspecto corresponde a 2ª derivada em relação à declividade, enquanto direção e sentido do fluxo hídrico é determinado pelo maior gradiente com relação à vizinhança.

## Resultados

### Interpolação de Falhas do DEM SRTM

Na Figura 2 é mostrado o DEM/SRTM original no sistema WGS84, mosaicado para o Estado do Rio de Janeiro, e na Figura 3 é mostrada uma área de falhas e o seu modelo de dependência espacial. Nota-se que, além da ausência de dados existem dados negativos que chegam a -166 metros.

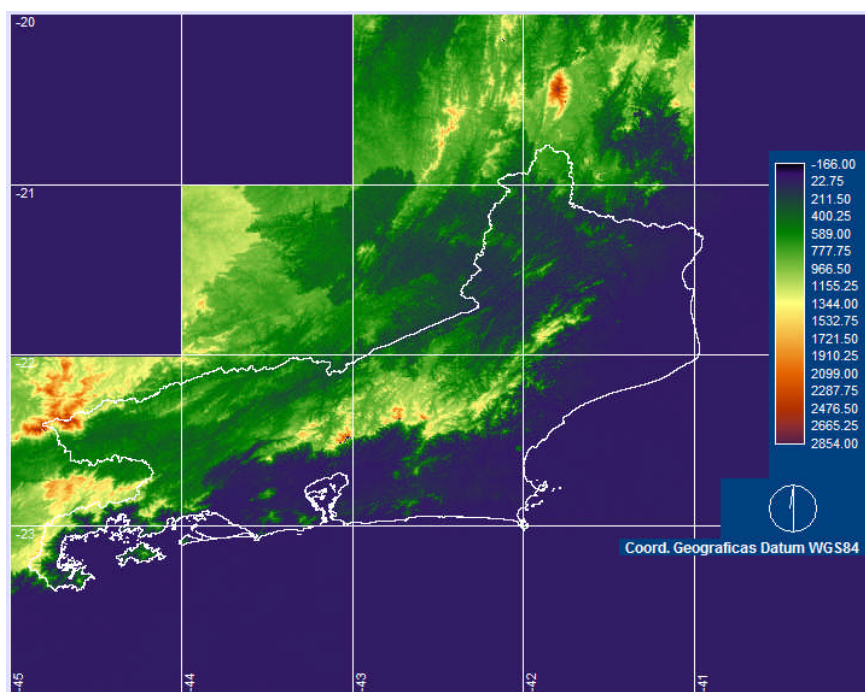


Fig. 2. DEM/SRTM não corrigido (altitude em metros).

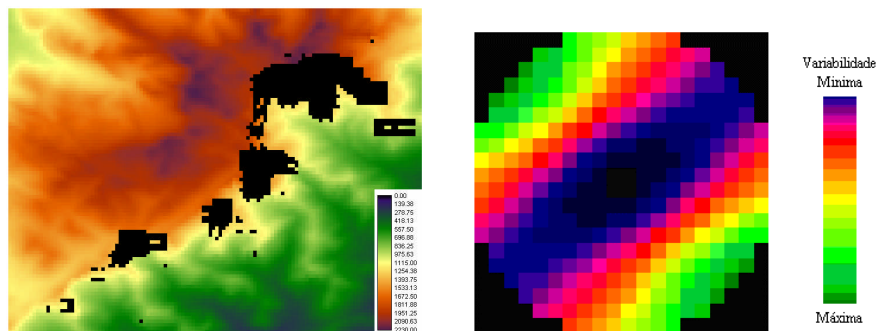


Fig. 3. Detalhe de uma região de falhas (ausência de dados) do MDT SRTM com o modelo de dependência espacial

O modelo de dependência espacial para esta área de falha indica a maior variabilidade na direção de  $135^\circ$  e a menor variabilidade para o ângulo de  $50^\circ$  (Figura 3), na qual as falhas ocorrem sobre um divisor topográfico no eixo NE – SO. Obtendo os semivariogramas para estas duas direções, a próxima etapa é ajustar um modelo de semivariograma considerando a anisotropia (Figura 4). Após este ajuste, executa-se a estimação por kriging ordinário.

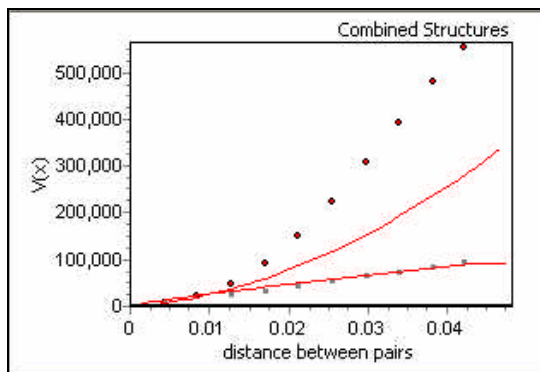


Fig. 4. Variogramas direcionais e ajuste do modelo de variograma, sendo  $V(x)$  = semivariância;  $\blacksquare$   $V(x)$  na direção de menor variação ( $50^\circ$ );  $\blacklozenge$   $V(x)$  na direção de maior variação ( $135^\circ$ ); Modelo de estruturas combinadas (exponencial e esférico),  $v(x) = 0 \text{ Nugget}(0) + 304269 \text{ Power}(1.9, 135, 0.35) + 199348.5 \text{ Spherical}(0.3, 50, 0.80)$ ; sendo o primeiro termo entre parênteses, parâmetro estimado, o segundo, o ângulo que determina a direção, e o terceiro, a razão de anisotropia.

Na Figura 5, após a interpolação por kriging, é mostrada a superfície corrigida.

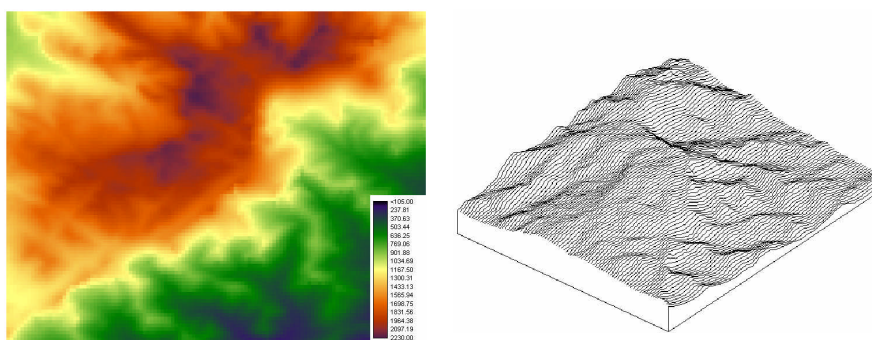


Fig. 5. Preenchimento de Falhas por Kriging (altitude em metros).

### Atenuação de ruídos pela transformação de Fourier

A transformação de Fourier para atenuação de ruídos no DEM/SRTM gerou a imagem *Spectrum* apresentada na Figura 6. As listras horizontal e vertical indicam áreas de alta frequência.

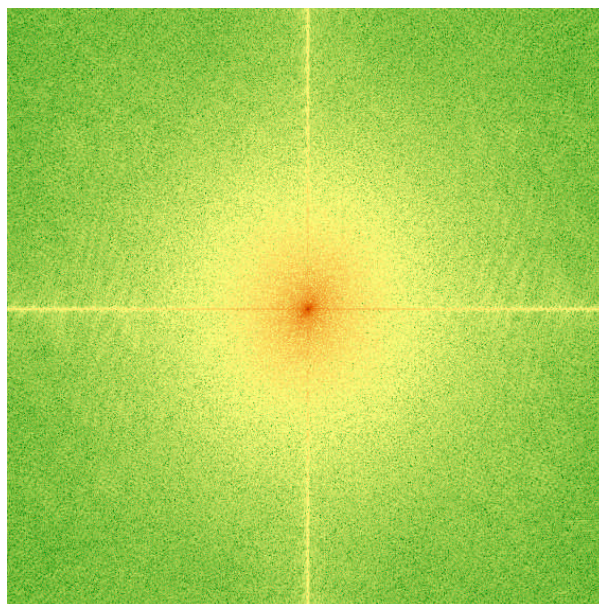


Fig. 6. Imagem *Spectrum* da Transformação de Fourier para o DEM SRTM do Estado do Rio de Janeiro

A partir da transformada de Fourier, e dentre os limiares testados para suavização e uniformização do Modelo SRTM original, exemplificado aqui pela feição morro de São João (Figura 7), e para uma área da região dos Três Picos (Figura 8), chegou-se ao resultado final de limiar, apresentado após a execução da inversa da transformada de Fourier, que foi aplicado então para todo o Estado do Rio de Janeiro.

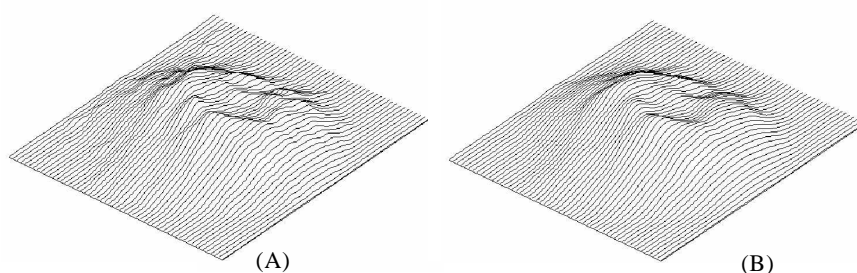


Fig. 7. Morro de São João no DEM SRTM não corrigido (a), e transformado pela inversa de Fourier (b).

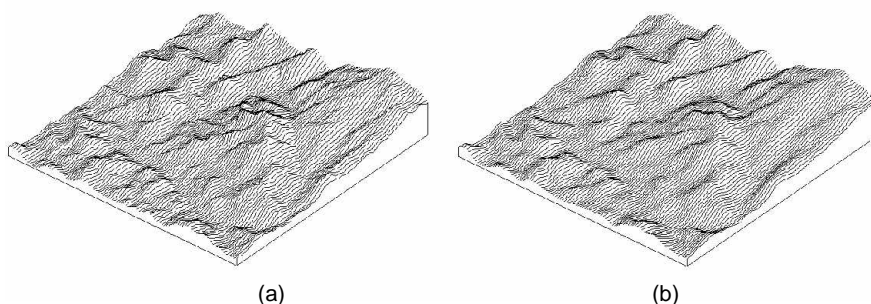
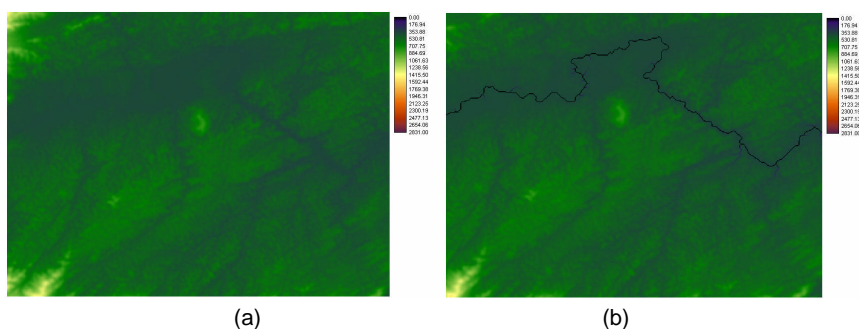


Fig. 8. Atenuação da Rugosidade em Região Montanhosa - DEM SRTM não corrigido (a) e corrigido (b)

## Ajuste de Depressões

A última etapa da correção do modelo, que corresponde ao ajuste de depressões é exemplificada na Figura 9. Na imagem (a) não é possível visualizar a calha do rio Paraíba do Sul, sendo que após o processamento para remoção de depressões, é identificado o leito do rio, permitindo o fluxo da drenagem, visualizado na imagem (b). Nota-se que, para o caso do rio Paraíba do Sul que atravessa altitudes com cerca de 500 metros até 0 metros em sua foz, o cálculo de ajustes de depressões produz resultados imprecisos para a calha do rio à medida que se afasta da foz, gerando cotas muito baixas em relação à margem, como pode ser visualizado pela

tonalidade da legenda, de forma que o modelo corrigido para o ajuste de depressões tem utilidade apenas na geração de variáveis associadas ao fluxo hídrico, como direção do fluxo hídrico, runoff e geração automática de microbacias.



**Fig. 9.** Ajuste de depressões no modelo SRTM. Detalhe para o leito do rio Paraíba do Sul (b) após o ajuste, com uma leve diminuição da cota de oeste para leste, direção do fluxo do rio (altitude em metros)

## Extração de Variáveis Topográficas

A variável altitude corrigida é apresentada na Figura 10. Após o cálculo da declividade por pixel, o relevo para o Estado do Rio de Janeiro foi categorizado de acordo com as classes de declividade estabelecidas pelo sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho & Beek, 1994) na Figura 11.

Com relação ao aspecto e a direção do fluxo hídrico, nas Figuras 12 e 13 são apresentados os produtos categorizados nos 4 pontos cardeais (N, L, S, O). Interpretações são possíveis com maior resolução em áreas específicas, conforme apresentado em (b).



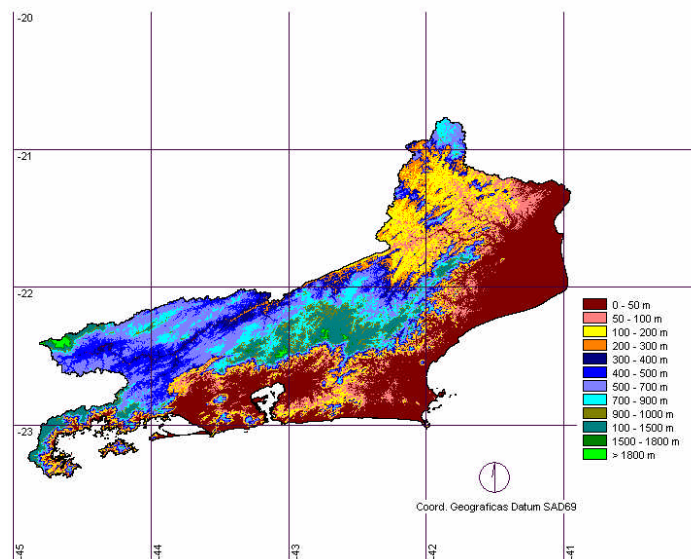


Fig. 10. Classes de Altitude do DEM SRTM corrigido para o Estado do Rio de Janeiro.

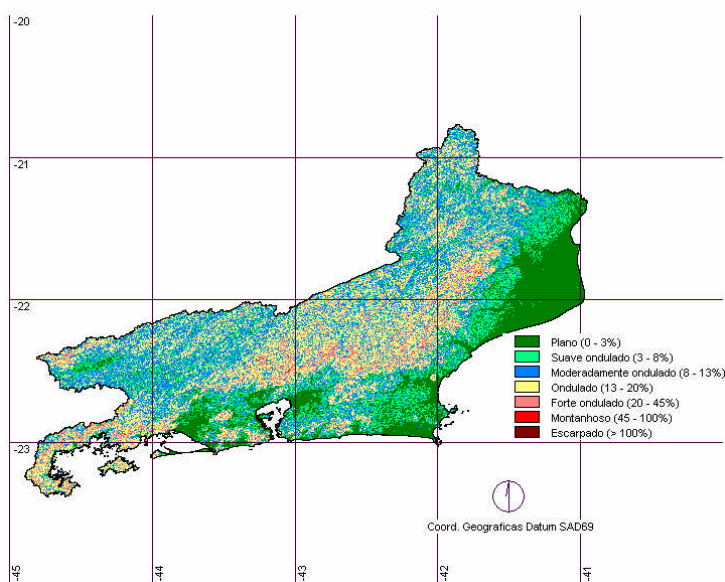
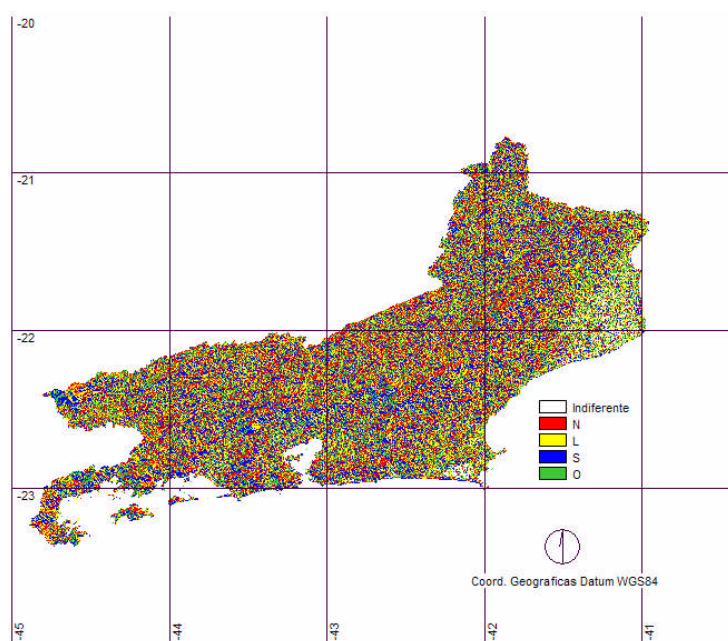
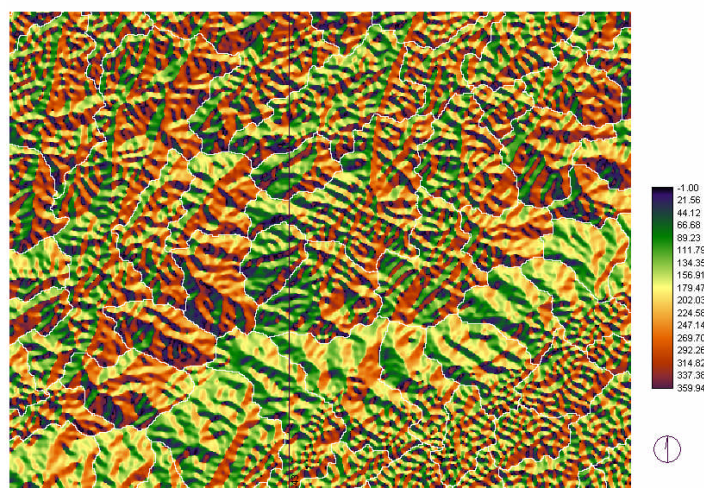


Fig. 11. Classes de Relevo do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.

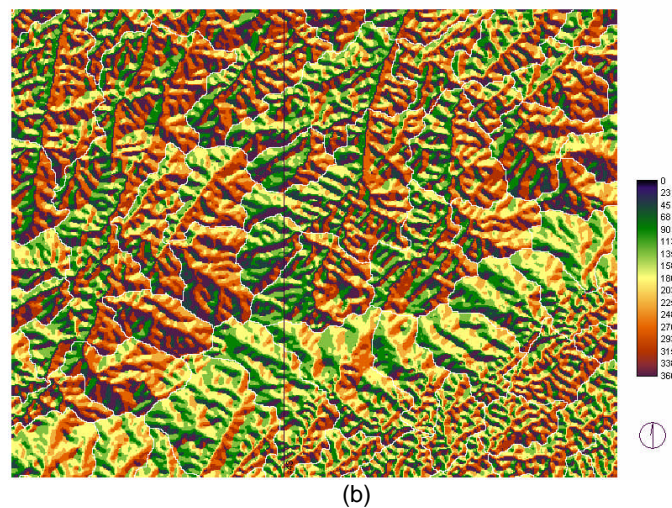
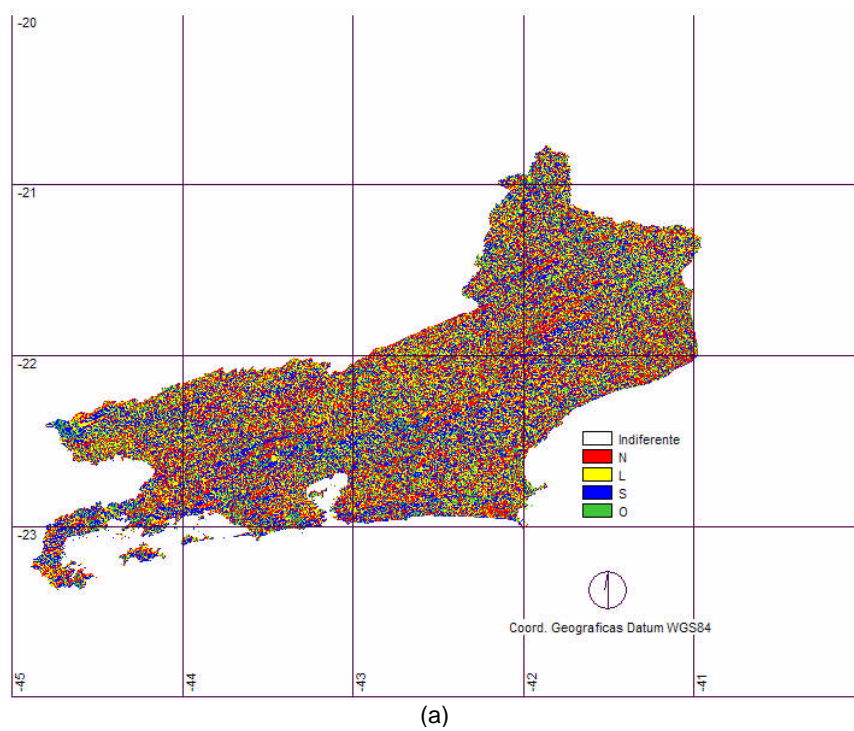


(a)



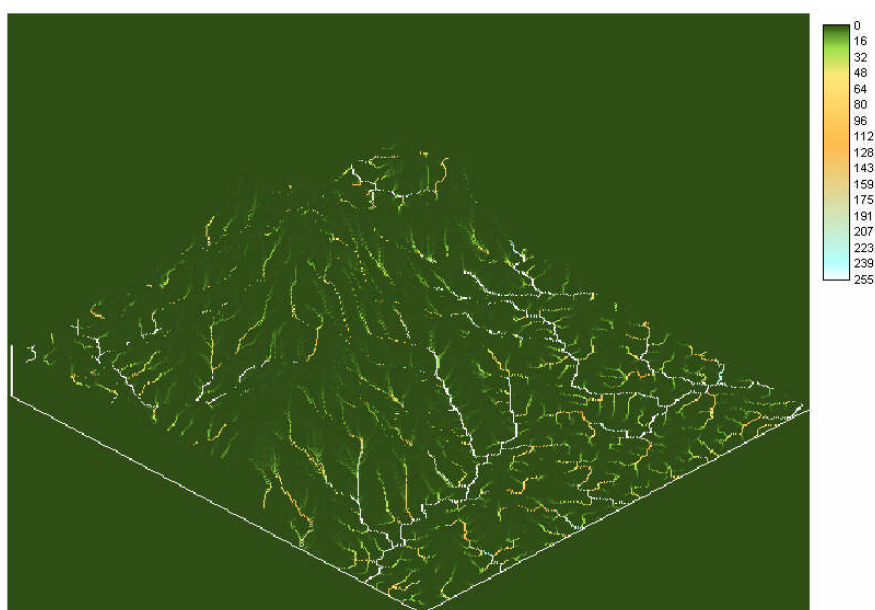
(b)

Fig. 12. Classes de Aspecto (N: 315°-45°, L: 45°-135°, S: 135°-225°, O: 225°-315°) na figura (a) e detalhe para valores reais de aspecto com delimitação por microbacias hidrográficas (b)

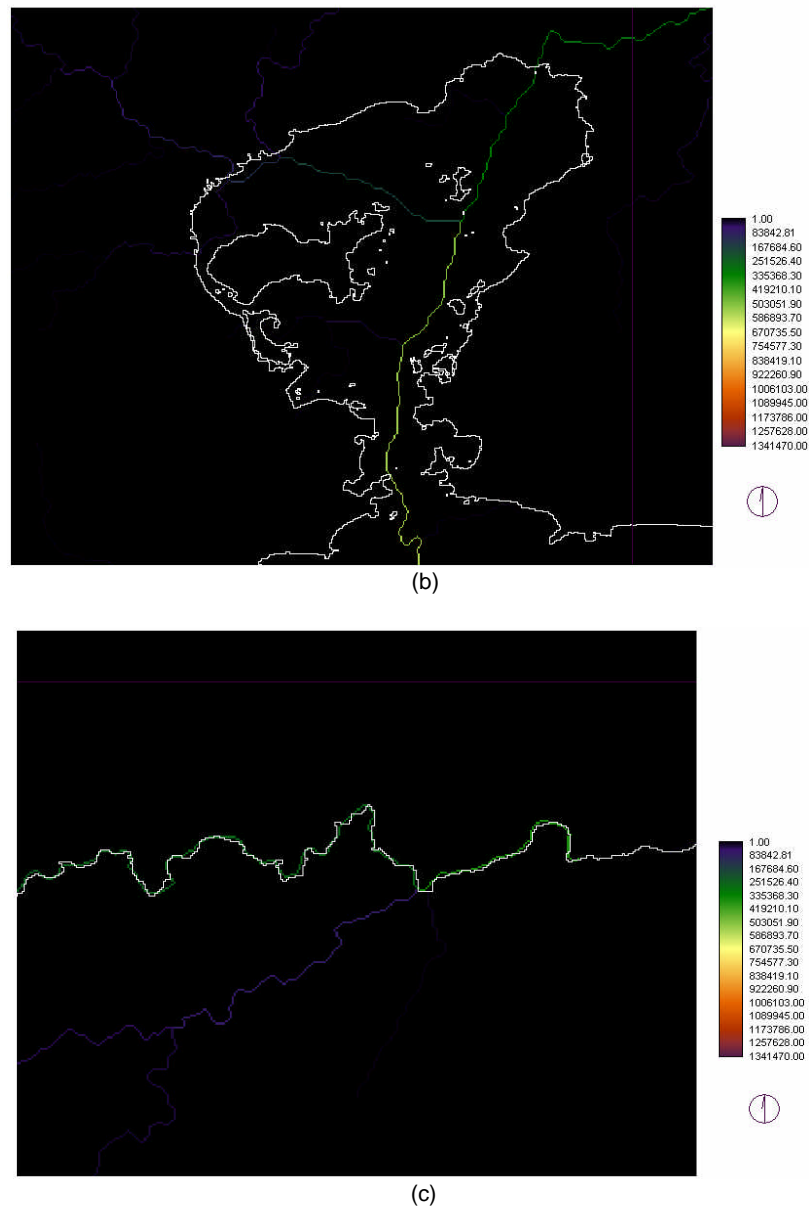


**Fig. 13.** Classes de direção do fluxo hídrico (N:  $315^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , L:  $45^{\circ}$ - $135^{\circ}$ , S:  $135^{\circ}$ - $225^{\circ}$ , O:  $225^{\circ}$ - $315^{\circ}$ ) na figura (a) e detalhes para valores reais de direção do fluxo hídrico com a delimitação de bacias hidrográficas (b)

Por fim, é representada uma ilustração do escoamento superficial (RUNOFF), conforme Figura 15 (a) para a região do Parque de Três Picos, na foz da Baía de Guanabara (b) e em um trecho do Rio Paraíba do Sul (c). Verifica-se a qualidade dos resultados de Runoff gerados a partir do modelo, constatada pelo escoamento contornando ilhas (algumas não presentes nos limites utilizados) e vazando na saída da Baía de Guanabara (b), da mesma forma que o maior escoamento em (c) acompanha o limite do Estado do Rio de Janeiro delimitado pelo Rio Paraíba do Sul. Vale ressaltar que, após o ajuste de depressões, o fluxo hídrico se estabelece para todos os pixels, mesmo nas águas da Baía de Guanabara e em mar aberto, isto explica a existência de runoffs nestas áreas.



(a)



**Fig. 15.** Exemplos de escoamento superficial (runoff) gerados para o Estado do Rio de Janeiro (Limites territoriais em branco). Legenda de (a) indica magnitude de runoff reescalada em 1 byte (256 níveis); Legenda de (b) e (c) indicam magnitude do runoff em mm de chuva (1mm/pixel) recebidos por cada pixel, considerando a captação de pixels vizinhos.

Por meio de avaliações do DEM SRTM corrigido, após o teste de limiares para correção e verificação de variáveis topográficas geradas, julgou-se este modelo e suas variáveis topográficas derivadas satisfatórios como entrada para estudos ambientais para o Estado do Rio de Janeiro na escala 1:100.000.

## **Considerações Finais**

O modelo digital de Elevação da SRTM corrigido para o Estado do Rio de Janeiro, com resolução de pixels de 90 x 90m, ou em curvas de nível de 50 em 50 m, é um produto apropriado para a escala de trabalho 1:100.000. Este permite a extração de variáveis topográficas básicas para modelos de erosão, que, associadas a parâmetros climáticos, edáficos e de uso da terra, permitem estimar a vulnerabilidade a erosão. Estas variáveis são auxiliares também em sistemas de aptidão agrícola das terras, tendo a declividade um grande peso na classificação de aptidão, podendo ser consolidada pela unidade de mapeamento de solo, tendo como atributos as classes de solo identificadas no levantamento e associadas ao relevo e ao clima. As variáveis topográficas são necessárias também para subsidiar o manejo de bacias hidrográficas, tendo função na delimitação automática de bacias hidrográficas e em estudos hidrológicos, focando o Estado do Rio de Janeiro em sua totalidade, ou para detalhe em áreas que atendam a escala 1:100.000.

## **Agradecimento**

Este trabalho é parte das atividades da Embrapa no Projeto “Estratégias e Ações para Conservação da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro”, financiado pelo Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), Conservação Internacional (CI) e Rede para Conservação da Mata Atlântica.

## Referências Bibliográficas

BARROS, R. S.; CRUZ, C. B. M; REIS, R. B.; JÚNIOR, N. A. C. Avaliação do modelo digital de elevação do SRTM na ortorretificação de imagens Landsat 7 – Área de aplicação: Angra dos Reis – RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3997-4004. 1 CD-ROM.

CCRS (Canada Centre for Remote Sensing). **CCRS home page**. Disponível em: <[www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/)>. Acesso em: 5 jan. 2004.

CHIEN, P. Endeavour maps the world in three dimensions. **Geoworld**, Chicago, n. 37, p. 32-38, abr. 2000.

EASTMAN, J. R. **IDRISI source code 1987-2003**. Worcester: Clark University, 2003a. 269p.

EASTMAN, J. R. **IDRISI kilimanjaro guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark University, 2003b. 306p. Manual Version 14.00.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **CNPM home page**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/conteudo/relevo/metodo.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2005.

FIGUEIREDO, D. G. **Análise de Fourier e equações diferenciais parciais**, Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada: CNPq, 1977. 274p. (Projeto Euclides)

GLOBAL MAPPER. **Global Mapper home page**. Disponível em: <<http://www.globalmapper.com/download.html>>. Acesso em: 10 fev. 2005.

GOUVÊA, J. R. F.; VALLADARES, G. S.; OSHIRO, O. T; MANGABEIRA, J. A. C. Comparação dos modelos digitais de elevação gerados com dados SRTM e cartas IBGE na escala 1:250.000 na região da bacia do Camanducaia no Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2191-2193. 1 CD-ROM.



JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2nd ed. Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 1996. 316 p. (Prentice Hall series in geographic information science).

NÓBREGA, R. A. A.; SANTOS, C.; CINTRA, J. P. Comparação quantitativa e qualitativa entre o modelo digital gerado pelo SRTM e por aerofotogrametria. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4437-4444. 1 CD ROM.

PEBESMA, E. J. Gstat, a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. **Computers & Geosciences**, Elsevier, Holanda, V. 24, n. 1, p. 17-31, 1998.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1994. 65 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181 p.

SANTOS, P. R. A.; GABOARD, C.; OLIVEIRA, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4473-4480. 1 CD ROM.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. (CD ROM) p. 3595-3602.

VALLADARES, G. S.; MARIN, F. R.; OSHIRO, O. T.; GUIMARÃES, M. **Uso de imagens de radar na estimativa da temperatura do ar**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite., 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 3).